



АВТОМАТИКА

УДК 621.395.74

<https://doi.org/10.31713/vt3201814>

Маланчук Є. З., д.т.н., доцент, Христюк А. О., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Загоровський В. Н., студент** (Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ)

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ГОЛОСУ В МЕРЕЖІ LTE

Наведено основні результати дослідження методів передавання голосу в мережах четвертого покоління, аналіз існуючих проблем в технологіях передавання голосу, а також перевірка якості та надійності технології VoLTE у лабораторному середовищі. Запропоновано структуру пристрою. Представлено рекомендації щодо застосування технологій передавання голосу в мережах LTE, розгорнутих в Україні, оцінка існуючих технологій, що використовуються для передавання голосу в мережах четвертого покоління, створення тестової стратегії для перевірки надійності передавання голосу в мережі LTE.

Ключові слова: безпроводна мережа, передавання даних, передавання голосу, мережа четвертого покоління, LTE.

Вступ. У дні сучасних інформаційних технологій проблема якісного голосового зв'язку постає особливо гостро. Технології зв'язку четвертого покоління набувають все більшого розповсюдження, особливо, як не дивно, після реалізації перших некомерційних мереж 5G. Оператори мобільного зв'язку в Україні намагаються слідувати світовим тенденціям. Тому, починаючи з весни 2018 року, відбувся перехід до мереж четвертого покоління LTE-Advanced, мереж нового покоління, які дозволяють досягти високої швидкості передавання даних, забезпечити стабільність функціонування мережі та покращити покриття.

Актуалізація послуг мобільного зв'язку має беззаперечні переваги, проте створила низку проблем, основною з яких є реалізація передавання голосу. Оскільки передавання інформації в мережах четвертого покоління здійснюється шляхом передавання пакетів, оператори мобільного зв'язку зіштовхнулися з необхідністю впрова-

дження нових методів для надання голосових послуг та забезпечення якісного передавання голосової інформації. Дана проблема на сьогодні стоїть досить гостро, тому проведення представлених досліджень є актуальним на сьогодні.

Основний матеріал. 3GPP Long Term Evolution (LTE) – технологія побудови мереж безпроводного зв'язку наступного після 3G покоління, що відрізняється високою швидкістю передавання даних. Відповідний стандарт розроблений і затверджений міжнародним партнерським об'єднанням 3GPP для забезпечення необхідної смуги пропускання і якості обслуговування (QoS) [1].

LTE включає вдосконалену систему пакетної передачі, яка складається з оновленої мережі UMTS наземного радіодоступу (E-UTRAN) та покращеного центру пакетної комутації, а також забезпечує передачу інформації з великою пропускну здатністю, низькими затримками і більшою шириною смуги пропускання через спрощену IP архітектуру. Технологія LTE була розроблена для сумісної роботи з усіма існуючими мережами, щоб допомогти провайдерам мобільного зв'язку трансформувати свої мережі відповідно до потреб користувачів. Вона забезпечує більш ефективний і якісний сервіс, як для передачі голосової інформації, так і для передачі даних. LTE має низку особливостей і переваг у порівнянні з попередніми стандартами стільникового зв'язку [2].

Архітектура мережі LTE розроблена таким чином, щоб забезпечити підтримку пакетного трафіку з так званою "гладкою" мобільністю, мінімальними затримками доставки пакетів і високими показниками якості обслуговування. Мобільність як функція мережі забезпечується двома її видами: дискретною мобільністю (роумінгом) і безперервною мобільністю (хендовером). Оскільки мережі LTE повинні підтримувати процедури роумінгу і хендоверу з усіма існуючими мережами, для LTE-абонентів (терміналів) має забезпечуватися покриття послуг безпроводного широкосмугового доступу.

Структура мережі сильно відрізняється від мереж стандартів 2G і 3G. На рисунку 1.3 видно, що істотним змінам піддалися не тільки підсистема базових станцій, а й підсистема комутації. Технологія передачі даних між обладнанням користувача та базовою станцією була істотно змінена. Суттєвих змін зазнали і протоколи передачі даних між мережевими елементами. Тепер вся інформація, включаючи голос і дані, передається у вигляді пакетів. Таким чином, поділу на частини для опрацювання або тільки голосової інформації, або тільки пакетних даних більше не існує.

Для того щоб дані могли бути транспортовані через інтерфейс радіо LTE, використовуються різні «канали». Вони використовуються для того, щоб виділяти різні типи даних і дозволити їм транспортуватися через мережу доступу більш ефективно. Використання декількох каналів забезпечує інтерфейс більш високого рівня в рамках протоколу LTE і включає більш чітку і визначену сегрегацію даних.

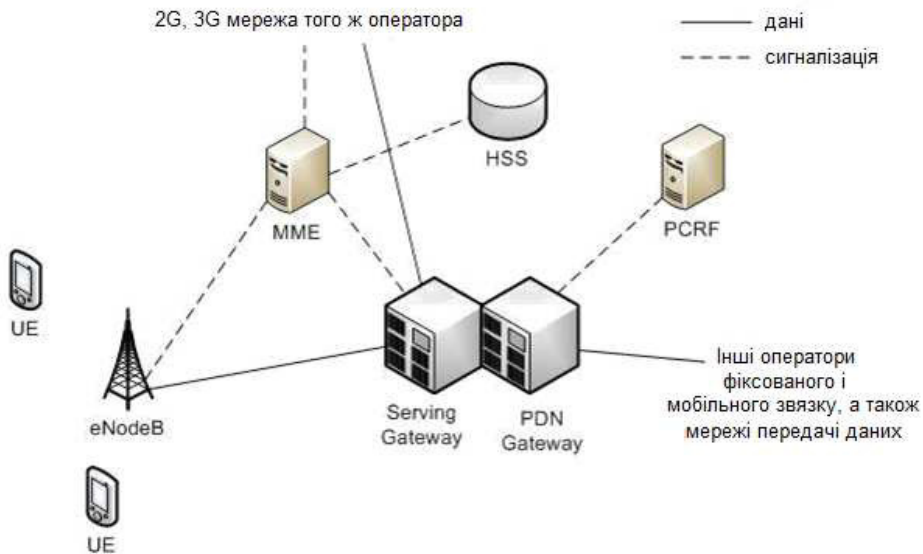


Рис. 1. Структура мережі стандарту LTE

Розвиток безпроводного зв'язку супроводжується безперервною зміною технологій, в основі яких лежать стандарти стільникового зв'язку GSM і CDMA, а також стандарти систем передачі даних IEEE 802.

У зв'язку з тим, що обсяг пакетних даних в мережах стільникового зв'язку третього покоління (3G) вже перевищує обсяг голосового трафіку, саме поняття мереж наступного, четвертого, покоління (4G) нерозривно пов'язане (якщо не є синонімічним) зі створенням універсальних мобільних мультимедійних мереж передачі інформації. Сьогодні дві групи технологій явно націлені на надання універсальних послуг зв'язку. Це WiMAX (як розвиток лінії IEEE 802) і технології стільникового зв'язку 4G. Причому кожна з них займає свою нішу на великому ринку безпроводного зв'язку. Технологію LTE можна розгортати на базі існуючих мереж 2 і 3 покоління, що помітно знижує витрати, ніж будувати мережу з нуля. На рис. 2 [5] показано рішення спільного використання LTE і існуючої мережі UMTS.

Розробка технології LTE як стандарту офіційно почалася в кінці 2004 року. Основною метою досліджень на початковому етапі був вибір технології фізичного рівня, яка змогла б забезпечити високу швидкість передачі даних. В якості основних були запропоновані два варіанти: розвиток існуючого радіоінтерфейсу W-CDMA (використовуваного в HSPA) і створення нового на основі технології OFDM. В результаті проведених досліджень єдиною достойною технологією виявилася OFDM, і в травні 2006 року в 3GPP була створена перша специфікація радіоінтерфейсу Evolved UMTS Terrestrial Radio Access (E-UTRA).

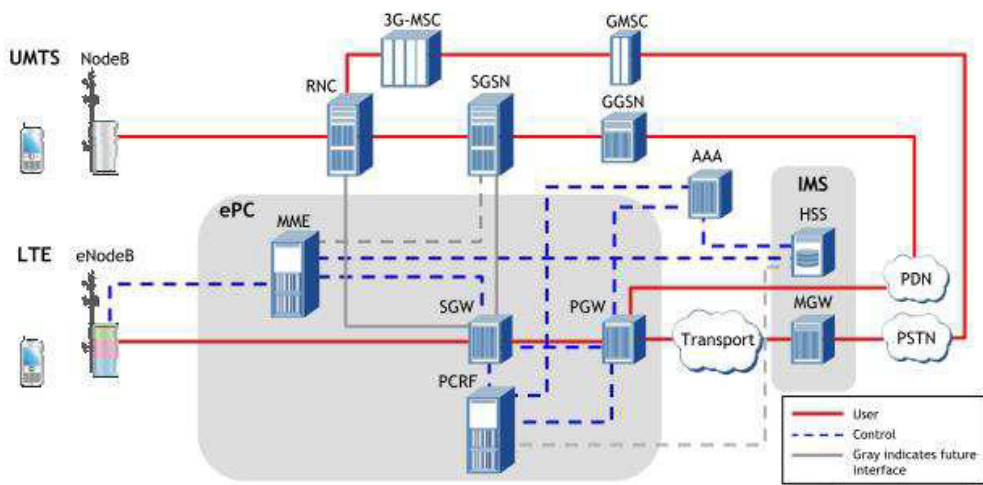


Рис. 2. Спільне рішення технологій стільникового зв'язку UMTS і LTE

31 січня 2018 року оператори Київстар, Vodafone Україна і lifecell отримали ліцензії на частоту 2600 МГц, яка дає невеликий радіус покриття. Це дозволило запуснути поки лише "плями" 4G вже в квітні того ж року.

Перші зони 4G з'явилися у Львові, Києві, Дніпрі, Харкові, Одесі, Ужгороді, Вінниці, Хмельницькому, Тернополі, але новий зв'язок запрацював з 1 липня (коли запрацювала частота 1800 МГц). У Київстарі заявили про запуск інших, не пов'язаних з містами точок. Серед таких: популярні місця відпочинку (Затока та інші), а також прикордонні переходи.

6 березня 2018 року мобільні оператори купили частоти 4G в діапазоні 1800 МГц. Загальний обсяг отриманих в ході аукціону на 4G коштів в діапазоні 1800 МГц – 5,434 мільярда гривень. В ході торгів за частоти в діапазоні 1800 МГц компанії заплатили на 1,45 млрд більше від стартової ціни. Частота 1800 МГц запрацювала тільки з липня 2018 року і тільки тоді в Україні почало з'являтися масштабне



покриття 4G. При цьому в селах і районних центрах цієї частоти не очікується [6].

Подальшому впровадженню послуг VoLTE може перешкоджати надання голосових OTT-послуг. На сьогоднішній день існує і використовується спосіб голосового зв'язку за допомогою OTT (Over-the-Top) сервісів, таких як WhatsApp, Viber, Telegram і т.д. Ці сервіси є безкоштовними. Мережа передачі даних, в основі якої лежить IP, дає зручний транспорт для абсолютно різних послуг і виводить управління ними за межі зони відповідальності оператора до самих користувачів. З розвитком технологій (перехід на 4G) OTT-провайдери збільшують привабливість своїх сервісів, наприклад, забезпечують підтримку голосу і відео високої роздільної здатності (HD), що посилює проблему.

Але такий спосіб не задовольняє користувачів, так як ці сервіси не гарантують стабільну, якісну роботу. Справа в тому, що вони повністю покладаються на інтернет, а інтернет-доставка пакетів здійснюється за принципом "Best effort" (сервіс надання з'єднання без гарантій) [7]. Незважаючи на популярність, як торгових марок, так і компаній-власників OTT-послуг, споживачі часто нічого не можуть вдіяти в разі їх поганої нестійкої роботи або навіть їх тимчасової відсутності. Постачальники OTT-сервісів не можуть контролювати, точніше, впливати на доступність і якість послуг. Труднощі також виникають і з підтримкою користувачів: спілкуватися потрібно іноземною мовою, а час реакції залежить від пріоритетів постачальника і його можливостей.

З кожним днем з'являється все більше способів для вирішення проблеми передачі голосу в мережі LTE. Проаналізувавши ситуацію на ринку, були знайдені більше десятка таких рішень. Шляхом аналізу, були виділені найперспективніші способи, спираючись на світовий досвід:

- Circuit Switched Fall-Back (CSFB);
- Voice over LTE Generic Access (VoLGA);
- IMS-based Voice Services (VoIMS).

Кожне з цих рішень має свої переваги і недоліки.

В табл. 1 наведені основні недоліки та переваги розглянутих технологій.

Відмінності в реалізації підтримки голосових викликів в мережах 4G – один з чинників, що затримують їх широке поширення по всьому світу. Оскільки вендори зацікавлені в просуванні «свого», розробленого компанією, або прийнятого за зразок варіанту реалізації, повнотою уявлень в області того, які є варіанти, володіють не всі фахівці операторів стільникового зв'язку.

VoLGA і CSFB – це спроба надати голосові сервіси шляхом пове-

рення до наче не потрібного в all-IP мережі CS домену. Навіщо це планується – зрозуміло. Це і перевикористання існуючого обладнання, і зрозумілі та відпрацьовані роками механізми інтерконекту та роумінгу, можливість безболісної інтеграції різних сервісів, які є і працюють зараз, і простота та прозорість в забезпеченні міжсистемного хендоверу з LTE в UMTS / GSM і т.д.

Таблиця 1

Порівняння способів передавання голосу в мережі LTE

	CS Fallback	VoLGA	IMS
Переваги	Використання існуючого обладнання MSC/VLR Працює в 2G/3G	Використання існуючого обладнання GSM/UMTS без будь-якого вдосконалення Досить просте рішення для забезпечення міжнародного роумінгу Всі послуги надаються через LTE/EPS без переключення в CS-домен	Перехід до IP-протоколів при передачі всіх видів трафіка, в тому числі й голосу; Відсутність необхідності використання двох портів абонентської ємності для надання послуг телефонії і передачі даних; Надання нових послуг і традиційних телефонних послуг абонентам
Недоліки	Навантаження на MME Модернізація MME, MSC Помітне збільшення затримки при встановленні голосового з'єднання Затримка переходу терміналу назад в мережу LTE після закінчення виклику	Дане рішення не підтримується передовими виробниками обладнання Не підтримується в 3GPP Вимагає нових процедур і обладнання На абонентському обладнанні необхідний спеціальний софт клієнт	Технологія потребує нових вкладень Складна реалізація впровадження всієї системи IMS

Послуга передавання голосу в мережах мобільного зв'язку, не дивлячись на зростаючу популярність OTT-сервісів, не втрачає популярності. В мережах четвертого покоління передавання інформації базується виключно на використанні пакетів, у зв'язку з чим реалі-

зація передавання голосу в мережах LTE стає проблемним питанням.

Тестова установка складалася з сигнального тестера MD8475 Anritsu. Схему тестової установки зображено на рисунку 3. Тестер підключено через RF-кабель до екранованого корпусу RF. Екранований корпус RF містить RF антену, яка створює двосторонній зв'язок із UE. Після налаштування готовий екранований корпус закритий, щоб уникнути будь-яких зовнішніх перешкод. MD8475 вмикається або вимикається, змінюючи будь-які параметри, такі як рівень потужності, якщо це потрібно. При ввімкненні симуляції радіопристрій починає трансляцію всередині екранованого корпусу, і це дозволяє UE приєднуватися до імітованої мережі.

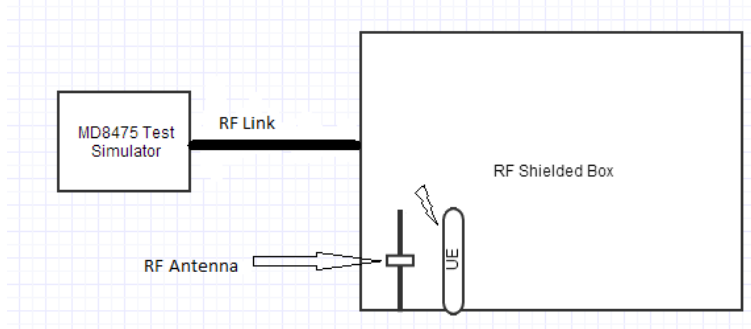


Рис. 3. Схема тестової установки

IMS Droid – це програма з відкритим кодом, яка імітує стек IMS / SIP разом з іншими необхідними параметрами ISIM. Встановлення цього додатку дозволяє використовувати звичайний пристрій LTE як пристрій VOLTE. Стек SIP, симульований цим додатком, дає можливість пристрою, на якому він увімкнений, зареєструватися безпосередньо на сервері S-CSCF в ядрі IMS тестера. Після реєстрації програма може приймати дзвінки від тестера та здійснювати дзвінки тестеру, використовуючи ідентифікатор SIP замість самого номера телефону. Сигнальна частина SIP та сигнальне передавання протоколу під час початкової реєстрації залишаються незмінними. Крім того, з'єднання, встановлене для голосового дзвінка за допомогою цього додатку, не є іншим носієм VoLTE, а встановлене на тому ж LTE носіїві. Крім того, досягнута якість послуг часто є негарантованою. Але не зважаючи на відмінність від реального виклику VoLTE, немає впливу на процес попередньої реєстрації VoLTE LTE або SIP та сигналізації під час встановлення голосового дзвінка. Це дає нам змогу імітувати виклик VoLTE на симуляторі MD8475, оскільки головною метою є перегляд сигналізації, а не вимірювання продуктивності.

IMS Droid APP використовується для імітації параметрів ISIM та для того, щоб дозволити non-VoLTE UE спілкуватися з сервером IMS та створити виклик VoLTE на основі SIP. Розглянутий сценарій – це голосовий виклик VoLTE Mobile Terminated. Початкова реєстрація в IMS містить перші два повідомлення, що спостерігаються в Wireshark, які є запитом REGISTER на anritsu-cscf.com, який є налагодженою S-CSCF в симуляторі MD8475. Після того, як хеш запит з UE узгоджений, UE має бути правильно авторизований у ядрі IMS.

Під час спроби завершення дзвінка з симулятора ми спостерігаємо встановлення голосового виклику VoLTE на основі SIP. SIP – це протокол прикладного рівня, який може працювати на TCP / UDP як основний протокол транспортного рівня. SIP розроблено як текстовий протокол, який не залежить від основної структури транспортного рівня, і може використовувати протоколи нижнього рівня. Зазначений на рисунку 4 сегмент журналу призначений для виклику VoLTE з мобільного терміналу. Сигналізація SIP у випадку взаємодії UE-IMS під час встановлення виклику MT VoLTE надсилає повідомлення INVITE з сервера IMS на UE. Ідентифікація та узгодження параметрів сеансу виконується за допомогою SDP. Параметри описуються як профіль сесії або як параметри керування, які визначають і встановлюють сеанс зв'язку. Всі параметри, що визначають пропускну здатність, QoS, тип сервісу (звук у цьому випадку), номер порту, який буде використовуватися для зв'язку, та всі інші визначені параметри, описані в повідомленні SDP і ці значення узгоджуються / налаштовуються за допомогою цього повідомлення. Далі UE надсилає 100 повідомлень типу Trying message і Ringing message перед фактичним встановленням виклику VoLTE. UE відповідає попереднім підтвердженням Provisional Acknowledgement (PRACK) після підключення виклику. Це підтвердження передається до кінцевого UE, який ініціював виклик. У цьому випадку UE моделюється усередині MD8475 симулятора.

24	50.299075	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	1028 Request: REGISTER sip:anritsu-cscf.com
27	50.304424	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	716 Status: 200 OK (1 bindings)
31	56.695952	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP/SDP	1433 Request: INVITE sip:users1@192.168.157.11, with session description
32	56.717807	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	530 Status: 100 Trying (sent from the Transaction Layer)
33	56.778832	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	685 Status: 180 Ringing
34	56.786117	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	646 Request: PRACK sip:users1@192.168.157.11:47527;transport=udp
35	56.808809	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	563 Status: 200 OK
40	58.392726	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP/SDP	1209 Status: 200 OK, with session description
41	58.410464	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	555 Request: ACK sip:users1@192.168.157.11:47527;transport=udp
396	62.376624	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	1003 Request: BYE sip:0123456789@192.168.157.18:55782;transport=udp
400	62.401672	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	528 Status: 200 OK
407	66.055444	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	880 Request: REGISTER sip:anritsu-cscf.com
408	66.058127	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	483 Status: 200 OK (0 bindings)

Рис. 4. Сигналізація SIP під час VoLTE виклику на симулятор MD8475

Back to back multiple VoLTE calls були зроблені для спостере-



ження за середнім часом налаштувань, який надає вхідні дані про те, наскільки швидко необхідно розробити сценарії, щоб перевірити стабільність налаштування виклику VoLTE. Сигналізацію Multiple VoLTE Calls показано на рис. 5. Також середню тривалість встановлення в різних сигналах показано в табл. 2.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
37	31.566486	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	673	Request: PRACK sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp
39	31.586055	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	567	Status: 200 OK
40	31.587055	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	712	Status: 180 Ringing
41	31.614626	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP/SDF	1308	Request: UPDATE sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp, with session description
42	32.087072	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	712	Status: 180 Ringing
45	33.087042	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	712	Status: 180 Ringing
46	33.618743	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP/SDF	1308	Request: UPDATE sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp, with session description
47	33.701986	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP/SDF	1061	Status: 200 OK, with session description
48	33.727353	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	559	Request: ACK sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp
370	37.561400	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	598	Request: BYE sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp
374	37.575899	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	565	Status: 200 OK
375	37.630046	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP/SDF	1308	Request: UPDATE sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp, with session description
376	39.701787	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP/SDF	1432	Request: INVITE sip:users1@192.168.157.11, with session description
377	39.726855	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	529	Status: 100 Trying (sent from the Transaction Layer)
378	39.726862	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP/SDF	1134	Status: 183 Session in Progress, with session description
379	39.738702	192.168.157.18	192.168.157.11	SIP	670	Request: PRACK sip:users1@192.168.157.11:57436;transport=udp
380	39.754847	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	566	Status: 200 OK
381	39.754851	192.168.157.11	192.168.157.18	SIP	710	Status: 180 Ringing

Рис. 5. Сигналізація SIP з журналів тестування Wireshark для Multiple VoLTE Calls

Таблиця 2

Час встановлення виклику VoLTE в секундах

S.No	Call Setup Time (seconds)	DL/UL Reference Power (dBm)
1	0.08	-40/-20
2	0.06	-40/-20
3	0.08	-40/-20
4	0.07	-40/-20
5	0.1	-40/-20
6	0.07	-40/-20
7	0.08	-40/-20
8	0.09	-40/-20
9	0.08	-40/-20
10	0.08	-40/-20

Було зазначено, що середній час встановлення виклику стосовно даних 10 дзвінків, зібраних у таблиці 2, складає близько 0.079 секунд. Це дає уявлення про розробку сценарію випробувань при спробі створення сценаріїв паралельного тестування.

Згідно з даними досліджень та після вивчення технологічних аспектів VoLTE визначено такі сценарії тестування, які використовуються для вимірювання стабільності та продуктивності послуги VoLTE.

1) Реєстрація IMS: перевірка пристрою, що успішно реєструється на сервері IMS підключившись до S-CSCF SIP-сервера. Буде зроблено перевірку правильного APN та досягнуто бажаного результату – успішної реєстрації.

2) Додаткові послуги: додаткові послуги, такі як переадресація викликів, конференц-дзвінки, повинні бути перевірені для виклику VoLTE. Всі інші тести, пов'язані з USSD, можуть бути виконані для перевірки продуктивності та стабільності викликів VoLTE.

3) Сценарії мобільності: Сценарії мобільності між мережами EUTRAN та GERAN / UTRAN під час встановленого виклику для підтвердження якості та стабільності викликів. Також мобільність між територіями покриття LTE з підтримкою та без підтримки IMS.

4) Екстрені дзвінки: встановлення екстрених викликів, час встановлення, якість викликів, стабільність, що перевіряється в сценаріях мобільності, сценарії передавання. Автоматичні механізми повторного набору, стабільність back to back та довготривалі дзвінки для перевірки.

5) SMS: потрібно дослідити пов'язані з SMS сценарії, через відсутність CS домену. Необхідно перевірити передавання та приймання SMS. Необхідно також перевірити різні класи SMS та різні схеми кодування.

Висновки. Проведений аналіз особливостей реалізації передавання голосу в мережі LTE дозволив отримати наступні результати. Технологія мереж безпроводного зв'язку LTE відрізняється від технологій другого та третього покоління високою швидкістю передавання даних завдяки використанню технології Multiple Input Multiple Output (MIMO), схеми модуляції OFDM і збільшенню ширини каналу до 20 МГц. В мережах четвертого покоління передавання інформації базується виключно на використанні пакетів, у зв'язку з чим реалізація передавання голосу в мережах LTE стає проблемним питанням. Під час моделювання викликів в мережі LTE досліджено середній час встановлення виклику для послуги VoLTE з використанням платформи IMS. За результатами вимірювання виявлено, що середній час встановлення голосового виклику з використанням технології VoLTE через IMS становить 0.079 секунд, що в десятки разів менше від часу встановлення виклику з використанням технології Circuit Switched



Fall-Back, яку на даний момент використовують в Україні.

1. Інформаційні мережі четвертого покоління 4G. URL: <http://stud.com.ua/20632/informatika/> (дата звернення: 01.10.2018). informatsiyni_merezhi_chetvertogo_pokolinnya. 2. Гельгор А. Л., Попов Е. А. Технология LTE мобильной передачи данных : учебное пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 204 с. 3. Keithley White Paper: Orthogonal Frequency Division Multiplexing, September 2008. Vol. 14. 4. 4G Americas White Paper: MIMO and Smart antennas for mobilebroadband systems, October 2012. Vol. 138. 5. Залицкий А., Шельгов В. Тестирование инфраструктурных решений для сетей LTE : журнал сетевых решений/Телеком. № 04, 2011. 6. 4G в Украине: что это, когда появится и на сколько подорожает связь (ИНФОГРАФИКА). URL: <https://fakty.ictv.ua/ru/lifestyle/gadzhety/20180320-4g-v-ukrayini-shho-tse-koly-z-yavytsya-i-na-skilky-zdorozhchaye-zv-yazok/> (дата звернення: 01.10.2018). 7. Geoff Huston, Best efforts networking, July 2001. Vol. 3.

REFERENCES:

1. Informatsiini merezhi chetvertoho pokolinnia 4G. URL: <http://stud.com.ua/20632/informatika/> (data zvernennia: 01.10.2018). informatsiyni_merezhi_chetvertogo_pokolinnya. 2. Helhor A. L., Popov E. A. Tekhnolohiia LTE mobilnoi peredachi dannykh : uchebnoe posobyе. SPb. : Izd-vo Politekhn. un-ta, 2011. 204 s. 3. Keithley White Paper: Orthogonal Frequency Division Multiplexing, September 2008. Vol. 14. 4. 4G Americas White Paper: MIMO and Smart antennas for mobilebroadband systems, October 2012. Vol. 138. 5. Zalitskii A., Shelhov V. Testirovanie infrastrukturnykh reshenii dlia setei LTE : zhurnal setevykh reshenii/Telekom. № 04, 2011. 6. 4G v Ukraine: chtо eto, kohda poiavitsia i na skolko podoro-zhaet sviaz (INFOHRAFIKA). URL: <https://fakty.ictv.ua/ru/lifestyle/gadzhety/20180320-4g-v-ukrayini-shho-tse-koly-z-yavytsya-i-na-skilky-zdorozhchaye-zv-yazok/> (data zvernennia: 01.10.2018). 7. Geoff Huston, Best efforts networking, July 2001. Vol. 3.

Рецензент: д.т.н., професор Сафоник В. П. (НУВГП)

Malanchuk E. Z., Doctor of Engineering, Associate Professor,
Khrystiuk A. O., Candidate of Engineering (Ph.D.) (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Zahorovskiy V. N., Senior Student** (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv)

FEATURES OF VOICE TRANSMISSION IN THE LTE NETWORK

The main results of the research of methods of voice transmission in the fourth generation networks, the analysis of existing problems in voice transmission technologies, and also verification of quality and reliability of VoLTE technology in the laboratory environment are presented. Recommendations on the application of voice technology in LTE networks deployed in Ukraine, assessment of existing technologies used for transmitting voice over the fourth generation networks, and the creation of a test strategy for checking the reliability of voice transmission on the LTE network are presented. The appearance of VoLTE in the market has raised many open questions about the quality of already stable switching wireless services. The average call time for the VoLTE service using the IMS platform was investigated. To do this, we built an experimental layout consisting of Anritsu MD8475 base station tester and simulator, which supports testing of services, VoLTE technology and call processing for various LTE smartphones and mobile devices with high cost efficiency. On the basis of the study of the peculiarities of implementation of voice transmission in the LTE network, the following results were obtained: LTE wireless technology differs from second- and third-generation technologies with high data rates (up to 100 Mbit / s in downward direction and up to 50 Mbit / s in the upward direction) thanks to the use of Multiple Input Multiple Output (MIMO) technology, modulation schemes OFDM and increase the channel width to 20 MHz; in the fourth generation networks, the transmission of information is based solely on the use of packets, in connection with which the implementation of voice transmission in the networks of LTE becomes a problematic issue; the advantages and disadvantages of such voice transmission technologies in LTE networks are explored; during the simulation of calls in the LTE network, we investigated the average call time for a VoLTE service using the IMS platform, for this purpose a prototype model was constructed consisting of Anritsu MD8475 signal tester and simulator of the base station Anritsu MD8475, which supports testing of services, VoLTE technology and call processing for various Smartphone and LTE mobile devices with high cost-effectiveness; to simulate LTE calls in a laboratory environment, the SmartStudio MX847570A software environment, as well as the IMS Droid APP to simulate ISIM parameters and to allow non-VoLTE UEs to communicate with the IMS



server and create an SIP-based VoLTE call, is used. According to the results of the measurements, it was found that the average time of voice call setup using Voice over IP via Voice over IMS is 0.079 seconds, which is tens of times lower than the time of call setup using Circuit Switched Fall-Back technology, which is currently used in Ukraine.

Keywords: wireless network, data transfer, voice transfer, fourth generation network, LTE.

Маланчук Е. З., д.т.н., доцент, Христюк А. А., к.т.н. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно),
Загоровский В. Н., студент (Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", г. Киев),

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА В СЕТИ LTE

Представлены основные результаты исследования методов передачи голоса в сетях четвертого поколения, анализ существующих проблем в технологиях передачи голоса, а также проверка качества и надежности технологии VoLTE в лабораторных условиях. Предложено структуру устройства. Представлены рекомендации по использованию технологий передачи голоса в сетях LTE, развернутых в Украине, оценка существующих технологий, которые используются для передачи голоса в сетях четвертого поколения, создание тестовой стратегии для проверки надежности передачи голоса в сети LTE.

Ключевые слова: беспроводная сеть, передача данных, передача голоса, сеть четвертого поколения, LTE.
